

中部地方整備局管内における路面下空洞の発生状況の分析と考察

久野 辰也

中部地方整備局 中部技術事務所 維持管理技術課 (〒461-0047 愛知県名古屋市東区大幸南1-1-15)

路面下空洞調査は、平成12年度より中部技術事務所にて各事務所の調査と並行して実施されてきた。平成23年度からは、過去10年の空洞発生状況を分析して今後10年間の調査計画を立案し、調査計画に基づき調査を実施しているところであり、現在は10年計画の2回目の調査を実施している。これまでの調査及び分析結果を報告する。

キーワード 路面下空洞調査

1. はじめに

(1) 路面下空洞調査とは

路面下空洞調査とは、地中レーダを使用して道路の下に存在する空洞の可能性のある箇所を検出する調査である。調査の目的は、道路の安全性を低下させる道路陥没を未然に防ぐために陥没の原因となる路面下の空洞を発見し、空洞を埋めるなど補修対策を検討するための資料を得ることである。路面下空洞調査では、路面下に存在が想定される空洞の位置、深さ、広がり（大きさ）を検出し、またそれらの数値から陥没に至る危険性を推定している。

(2) 過去の経緯

中部技術事務所では、路面下空洞調査を平成12年度から各事務所と調査を分担して実施していた。平成23年度からは、過去10年の空洞発生状況を分析し、各路線を区間分けし、危険度に応じ調査頻度を考慮した調査計画（H23～H32：10年サイクル）を立案し、中部技術事務所にて中部地整管内全ての調査を実施している。現在は10年計画の2回目（R3～R12）の調査を実施中である。

(3) 路面下空洞調査の方法

路面下空洞調査は、車体の下部に地中レーダアンテナを搭載した専用の車両（路面下空洞探査車）を用いて行う（図-1）。路面へ向けて地中レーダアンテナから電磁波を照射し、路面下の空洞や埋設管などで反射した電磁波を位置とともに記録しつつ、路面や道路沿線の状況を撮影している。記録したデータを解析することによって、路面下の状況を把握するシステムである。一回の走行で調査できる幅は2m程度、深さは1.5m程度であ

る。

路面下空洞探査車による一次調査で検出された空洞を示す異常信号箇所は、詳細な位置データとともに各国道事務所へその情報を提供し補修作業がなされる。

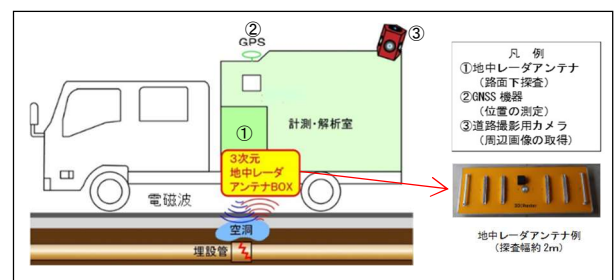


図-1 路面下空洞探査車の概要

2. 空洞調査の状況

路面下空洞探査車による一次調査により検出された異常信号箇所のうち、補修状況が報告されている箇所（以下、フォローアップ箇所という）について、空洞の有無のほかに、一次調査で検出した内容（広がり、深さ）が補修時に確認された内容とどの程度の差異があるかを分析した。

(1) 空洞的的中率

空洞的的中率とは、路面下空洞探査車による一次調査結果より検出した空洞可能性箇所のうち、フォローアップ箇所において、実際に空洞が存在した割合を示したものである。

$$\text{的中率}(\%) = \frac{\text{空洞有の箇所数}}{\text{フォローアップ箇所数}} \times 100$$

空洞の有無を実際に確認した補修箇所については、各

国道事務所から「異常箇所補修状況調査（フォローアップ）」として報告され、データベースにまとめられている。報告されている内容は、空洞の有無、大きさ（広がり）、分布深度、空洞厚さの他に補修工法などである。年度別の的中率を表－１に示す。

過去５年間の的中率の平均は83.7%となり、検出された異常信号の約８割で空洞が実際に存在していた。

表－１ 年度別の的中率一覧表

調査年度	フォローアップ箇所数	空洞有箇所数	的中率%
H30	83	71	85.5
R01	67	57	85.1
R02	84	61	72.6
R03	46	45	97.8
R04	9	8	88.9
合計	289	242	83.7

(2) 空洞の分布深度と広がりに関する考察

空洞の分布深度と大きさ（広がり）に関して、一次調査により検出した値（検出値）と二次調査や補修作業により測定した実測値との誤差をどの程度許容するかという基準は定められていない。

ここでは、検出値と実測値を比較する指標として「実測値／検出値」の比率を計算し、比率が1.2を超える、もしくは0.8を下回る場合、つまり数値が20%を超えて異なる場合について較差が大きいと設定して評価した。実測値と検出値を整理したものを表－２に示す。

空洞発生深度については、約６割が適正評価となり、約２割は危険度大となっている。

空洞の広がりについては、道路面に対する縦断方向、横断方向ともに適正評価が約５割、危険度大は約１割となっている。

異常信号を検出する際には、空洞を見逃すことで発生する陥没および被害リスクを低減させるため、危険を逃さないように解析を進めている。これにより、危険度小の箇所数を増やす要因となっているが、空洞を示す疑いがある信号を積極的に検出しているためである。

表－２ 空洞の実測値と検出値の較差の評価割合

	空洞発生深度		空洞の広がり			
			縦断方向		横断方向	
	箇所	%	箇所	%	箇所	%
危険度大	38	17.6	19	8.8	16	7.4
適正評価	125	57.9	103	47.7	110	50.9
危険度小	53	24.5	94	43.5	90	41.7

※危険度大は、実測値の深度が浅い・広がり大きい。

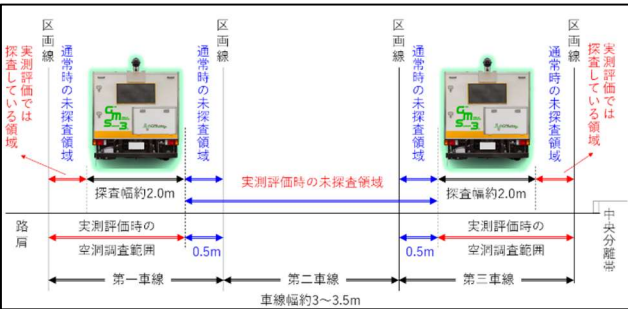
危険度小は、実測値の深度が深い・広がり小さい。

3. 同一車線内における空洞発生の状況

路面下空洞探査車による調査は、１車線１走行となっているが探査幅は2m程度であるため、調査時に未探査領域が発生している。平成30年度より業務発注時に空洞調査とボーリング調査を合わせて行う実測評価方式（以下、コンペという）による入札を実施している。コンペ時には調査時に生じる未探査領域も含めて探査及び評価を行っていることから、このデータを用いて同一車線内の空洞の発生・分布状況の分析を行った。

(1) コンペによる実測評価

コンペでは、入札参加者が供用中の国道で路面下空洞探査車による空洞調査（一次調査）を行う。その後、異常信号箇所において、空洞の有無や厚みを計測する二次調査を実施し、空洞の的中率などを算出している。評価区間は中央区画線より50cmを除く領域としている（図－２）。



図－２ 実測評価での探査領域

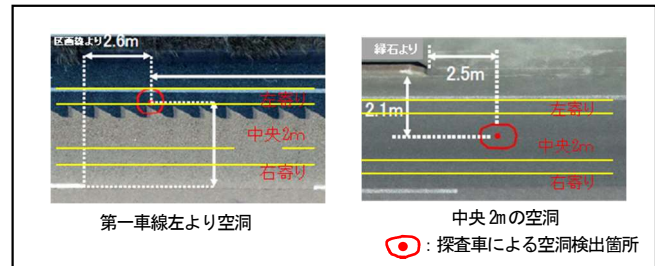
(2) 車線内における空洞位置

未探査領域のうちコンペで探査されているのは、図－２に示すように、「第一車線の路肩寄り（左寄り）」および「第三車線の中央寄り（右寄り）」である。

実測評価時の空洞発生位置については、次の４つに分類することとした（図－３）。

- ・第一車線の「左寄り」と「中央2m」
- ・第三車線の「中央2m」と「右寄り」

なお、「左寄り」、「右寄り」の幅については、道路の幅員によって変化する。



図－３ 探査車による空洞検出例

1) 単位延長当たりの空洞数

単位延長当たりでは、第一車線より第三車線で空洞の発生が多く、第三車線全体（中央＋右）では60%を占

める。一方で、第一車線は全体（中央＋左）で40％であり、空洞発生数に違いが生じた（表－3）。

表－3 車線内位置ごとの単位延長当たりの空洞数

	車線内位置				計
	第一車線		第三車線		
	左寄り	中央 2m	中央 2m	右寄り	
①空洞数(個)	21	40	29	4	94
②探査延長(km)	52.45	52.45	18.6	18.6	142.1
1km 当り 空洞数	0.40	0.76	1.56	0.22	平均
①／② (個/km)					0.66
割合 (%)	14	26	53	7	100

2) 単位面積当たりの空洞数

単位面積当たりでは第三車線の中央部で空洞の発生が多く、全体に占める割合は38％となった。次に多かったのが第一車線の左寄りで27％となった（表－4）。

車線内位置における空洞数は、単位延長当たりと比較して、第三車線の中央2mが一番多いのは同じであるが、次点で多いのが第一車線の左寄りであることが特徴として挙げられる。

表－4 車線内位置ごとの単位面積当たりの空洞数

	車線内位置				計
	第一車線		第三車線		
	左寄り	中央 2m	中央 2m	右寄り	
①空洞数(個)	21	40	29	4	94
②探査面積(10 ⁴ m ²)	3.70	10.49	3.72	1.16	19.1
10 ⁴ m ² 当り空洞数 ①／② (個/m ²)	5.68	3.81	7.80	3.45	平均 3.77
割合 (%)	27	18	38	17	100

3) 車線内における空洞の考察

単位延長当たりの空洞数は中央2m以外の領域において、全体の2割（21％）の空洞を確認した。

単位面積当たりの空洞数は中央2m以外の領域において、全体の4割強（44％）の空洞を確認した。

この結果から、従来から実施されている幅2mの探査では、車線内に把握できない空洞が一定数あると判断できる。

第一車線より第三車線の方が空洞の割合が多い理由として、今回第三車線を計測した領域は、高架道路を建設した箇所が多く、そのうち、高架道路の下部構造近隣での空洞発生率が高いことがカメラ画像で確認出来たため、中央分離帯に下部構造を建設した際の影響が要因の一つとして考えられるが、今後詳細に検討する必要がある。

第一車線左寄りが多いのは、側溝の継ぎ目からの水の流出入による土砂の流出等が考えられる。

3. まとめ及び今後の課題

●調査結果については、約8割的中率であるため、精度は確保されていると考えられる。ただし、危険度評価では危険を逃さないよう解析・評価しているため、更なる精度向上が必要と考える。

●1車線1走行の調査では把握できない空洞があることがわかったことから、探査方法や機器の精度向上等を検討していく必要がある。

謝辞：本稿を取りまとめるにあたり、令和5年度路面下空洞調査に携わって頂いているテイコク・カナン・ジオリサーチ設計共同体にご協力を頂きました。この場をお借りして御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 令和5年度 中部地整管内路面下空洞調査業務 報告書
- 2) 路面下空洞探査・補修マニュアル（案）平成25年3月 国土交通省 中部地方整備局